

**ZRYCHLENÍ CHODCŮ PŘI POHYBU Z KLIDU**

**ACCELERATION OF PEDESTRIANS MOVE FROM A STANDING START**

**Piotr Cieřka<sup>31</sup>, Adam Reza<sup>32</sup>, Jakub Zęřala<sup>33</sup>**

**ABSTRAKT:**

*V pojednání jsou prezentovány výsledky měření zrychlování pohybu řen a mužů z klidu na pomalou, normální a rychlou řhůzi, řeh a nejrychlejší řeh. Výsledky jsou uvedeny formou diagramů závislosti dráhy na řase pohybu a jsou porovnány s výsledky zkoumání Strouhala, Kühnela a Heina. Byly zjiřtěny rozdíly, které zdůvodňují využití prezentovaných – nových výsledků zrychlení chodců.*

**ABSTRACT:**

*The article reports the results of the accelerations of women and men from a standing start to slow, normal and fast walking, running and forcing. The obtained results presented in the form of functions depending on the road in time, compared with the results of tests carried out in 90's of twenty century by Strouhal, Kuhnel and Hein. There were differences between those results, which allow to apply new data of acceleration.*

**KLÍČOVÁ SLOVA:**

*Chodec, zrychlení, start z klidu.*

**KEYWORDS:**

*Pedestrian, acceleration, standing start*

## **1 ÚVOD**

Jedním ze základních postupů znaleckého posouzení dopravní nehody, při které dořlo ke střetu s chodcem je provedení analýzy dráhy v závislosti na řase. Korektní provedení takové analýzy dovoluře zjistit, zda řidič měl možnost zabránit nehodě. Výsledek analýzy dovoluře ověřen řjednání řidiče, což je neodmyslitelným elementem prakticky každého takového posudku.

Mimořádně důležitě je spolehlivé zjiřtění doby, po kterou se chodec nacházel ve vozovce. Jsou možné dvě základní verze: chodec se pohyboval plynule, ale mohl také zrychlovat. Zrychlovaný pohyb chodce, který začíná z klidu, je obvyklý při rozejití ři rozběhnutí přes vozovku po změně světelného signálu u řechodu pro chodce, řřipadně po projet ři vozidel. Zrychlování chodce je charakterizováno nelineárním nárůstem rychlosti v řase. Proto je možno zjistit vazbu dráhy chodce na řase jeho pohybu pouze experimentálním způsobem.

---

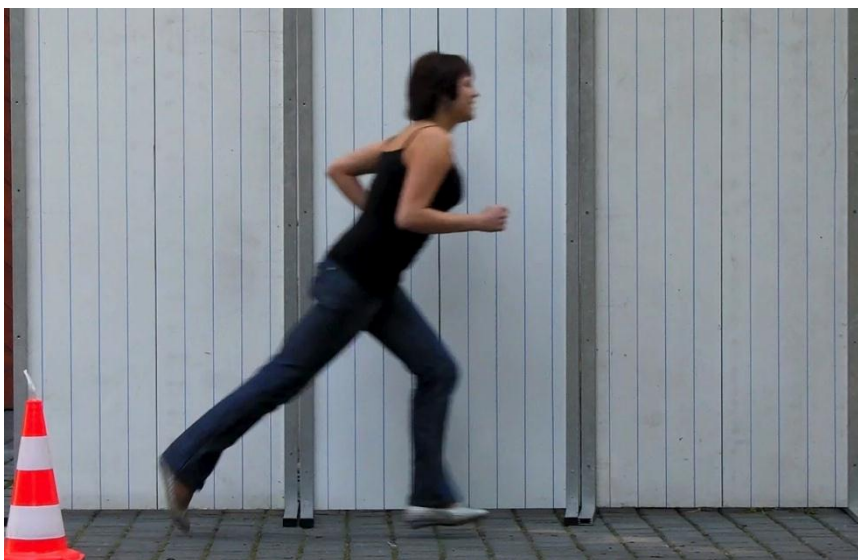
<sup>31</sup> Cieřka, Piotr, mrg inř. – 1. autor, Instytut Ekspertyz Sądowych, Kraków, Polska, pcieřka@ies.krakow.pl

<sup>32</sup> Reza, Adam, mrg inř. – 2. autor, Instytut Ekspertyz Sądowych, Kraków, Polska, areza@ies.krakow.pl

<sup>33</sup> Zęřala, Jakub, dr inř. – 3. autor, Instytut Ekspertyz Sądowych, Kraków, Polska, jzeřala@ies.krakow.pl

## **2 METODIKA ZKOUŠEK**

Bylo provedeno celkem 810 zkoušek za účasti 54 osob. Každá osoba zrychlovala z klidu na pomalý, normální a rychlý krok a na normální a nejrychlejší běh. Zkoušky proběhly na měřicím úseku délky 3 m, který měl vyznačeny délky po 10 cm (1. obrázek). Zkoušky byly snímány kamerou CASIO EX F1 s frekvencí 30 políček za sekundu s rozlišením (1280x720).



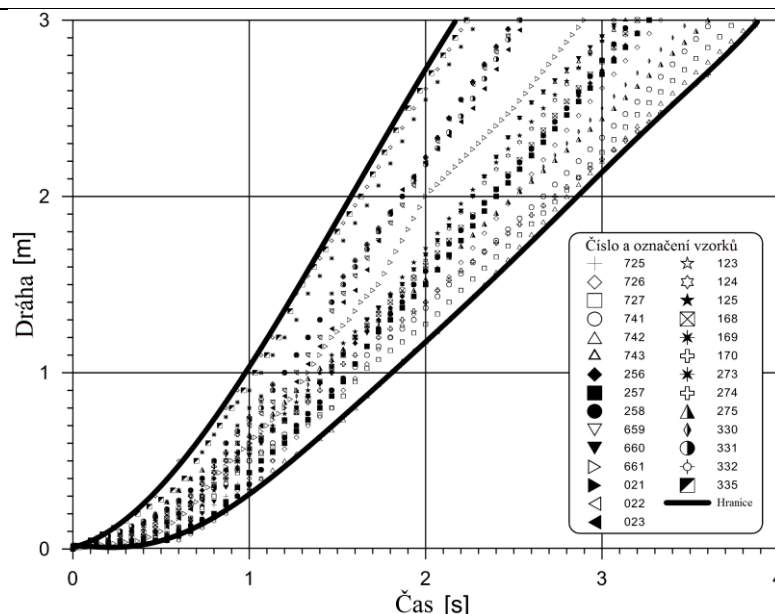
*Obr. 1 – Zkušební místo.*

*Graph No. 1 – Bench test.*

## **3 ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ**

První etapou zpracování výsledků byla analýza záznamu pohybu zkoušené osoby (1. obrázek). Analýza vedla k sestavení tabulek, které popisovaly dráhu, kterou zkoušená osoba urazila v definovaných časových úsecích. Pro analýzu záznamu byl použit program QuickTime, který dovoluje prohlížení získaného materiálu po jeho jednotlivých políčkách. Pro zvolenou dráhu zkoušené osoby byl odpočítán počet políček od počátku zahájení pohybu zkoušené osoby. Ze znalosti doby trvání jednotlivého políčka (1/30 s) byl dopočten čas absolvování zadaného úseku dráhy. Z důvodů úspory pracovní doby byly odečteny pouze vybrané úseky dráhy a tak získané bodové hodnoty byly lineárně interpolovány. Tento postup neměl významný vliv na získané výsledky a při návaznosti údajů pro jednotlivou osobu bylo možno vyznačit hraniční hodnoty pro zadanou věkovou skupinu zkoumaných osob

Ze souborů dat připravených analýzou video záznamů byly vypracovány diagramy, které popisují dráhu zkoumaných osob v závislosti na době jejich pohybu. Porovnáním výsledků je možno zjistit vliv pohlaví (ženy – muži), stáří (po skupinách s krokem 10 let) a charakter pohybu (pět kategorií) na intenzitu zrychlování. Výsledky zachycují diagramy dráhy jako funkce času pohybu (2. obrázek).



**Obr. 2 - Příklad výsledků měření zrychlení žen ve věku 20 až 30 let na pomalou chůzi.**  
**Graph No. 2 – Women aged 20-30 years, example of results of the acceleration to a slow walking.**

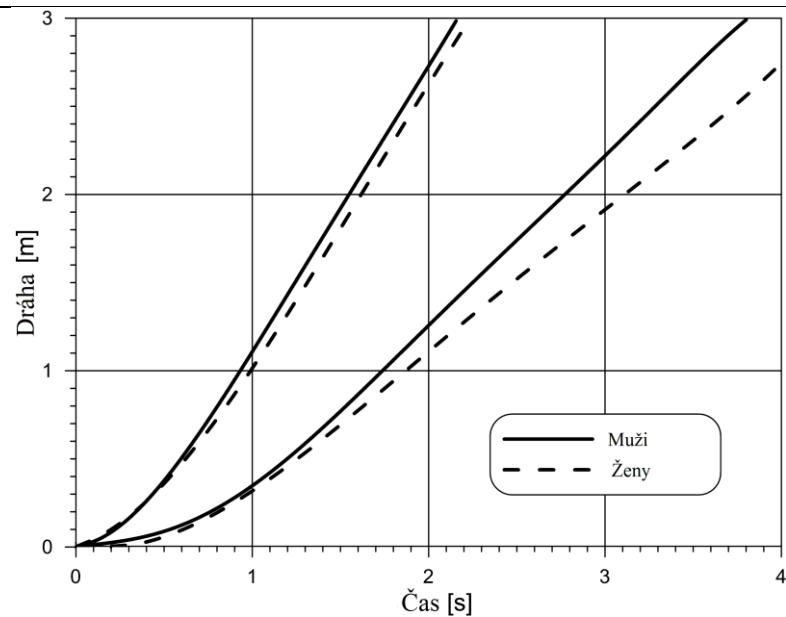
#### 4 VÝSLEDKY ZKOUMÁNÍ

Z porovnání výsledků je patrné, že stáří chodce ve věkovém intervalu 20 až 60 let nehraje významnější roli. Byly zjištěny očekávané případy, kdy intenzita zrychlování klesala se stářím, stejně jako případy, kdy mladší osoby zrychlovaly méně intenzivně, než ty starší. Proto dále uvedené výsledky nerozlišují věkové skupiny (3. až 7. obrázek).

Srovnání výsledků měření žen a mužů prokazuje, že muži při všech charakterech pohybu zrychlují intenzivněji než ženy. Výrazné bylo také, že zrychlení závisí na charakteru pohybu, který měl být zrychlením docílen.

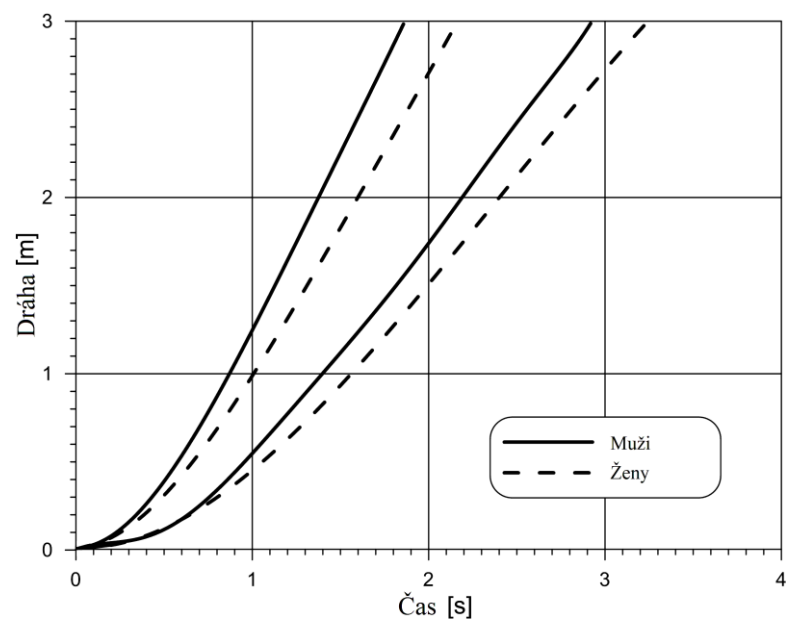
Obecně je možno konstatovat, že zrychlení končí po překonání dráhy cca. 1 m, potom se už chodec pohybuje rovnoměrně.

Lze konstatovat, že mezní rychlosti pohybu z klidového startu se poněkud liší od hodnot zjištěných pro rovnoměrný pohyb publikovaných v roce 2009 [1]. Při zkouškách plynulého pohybu bylo zjištěno větší rozpětí rychlostí, než u pohybu z klidu, tedy hodnoty zjištěné pro zrychlovaný pohyb leží v hranicích platných pro plynulý pohyb. Důvodem tohoto stavu je nepochybně skutečnost, že při zjišťování rychlosti plynulého pohybu se účastnil jiný vzorek populace než při měřeních zrychlovaného pohybu. Rozdíly mohou být dány také tím, že při měřeních zrychlovaného pohybu se zkušební osoby soustředily spíše na docílení zrychlení než na konečnou rychlost.



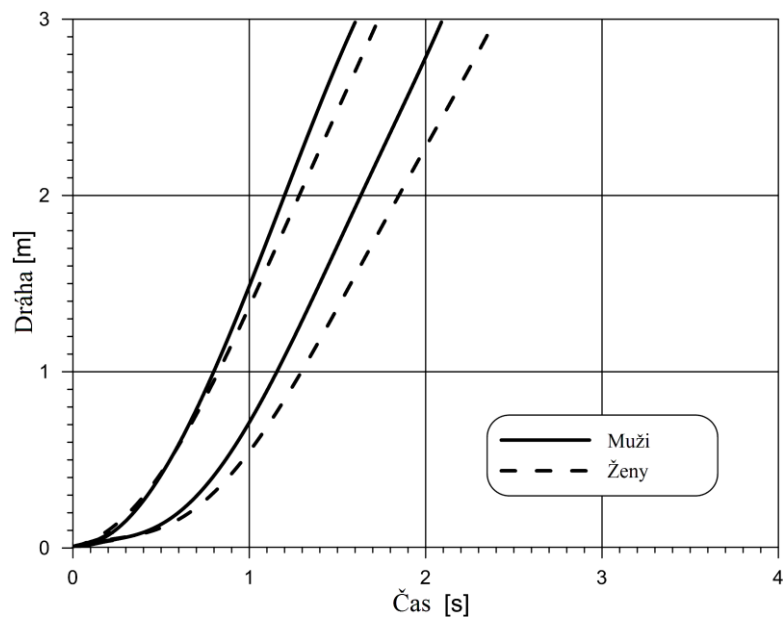
**Obr. 3 - . Zrychlení chodců na pomalou chůzi.**

**Graph No.3 – Results of the accelerations to slow walking.**



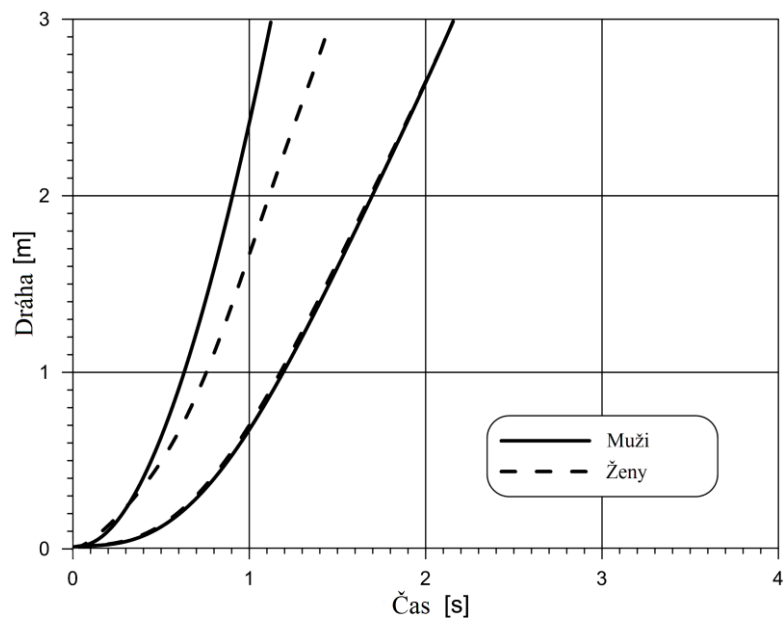
**Obr. 4 - Zrychlení chodců na normální chůzi.**

**Graph No.4 – Results of the accelerations to normal walking.**



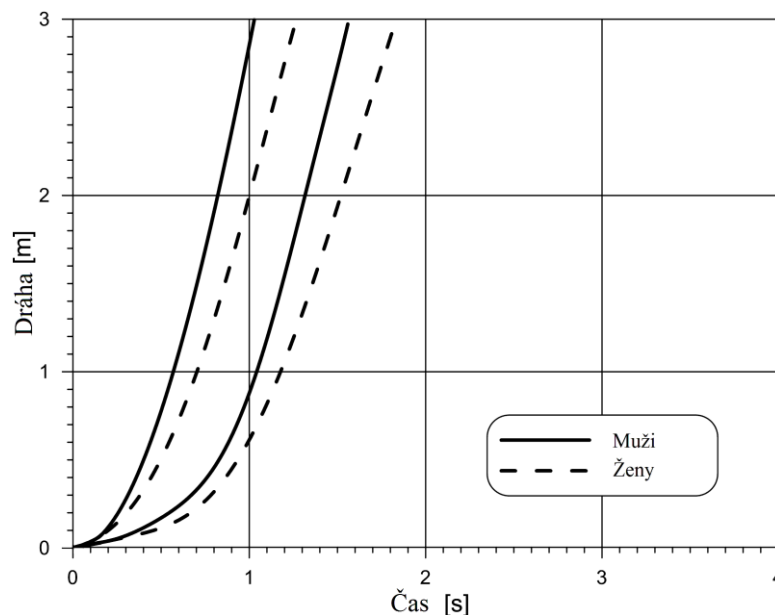
**Obr. 5 - Zrychlení chodců na rychlou chůzi.**

**Graph No.5 – Results of the accelerations to fast walking.**



**Obr. 6. - Zrychlení chodců na běh.**

**Graph No.6 – Results of the accelerations to running.**



**Obr. 7 - Zrychlení chodců na nejrychlejší běh.**

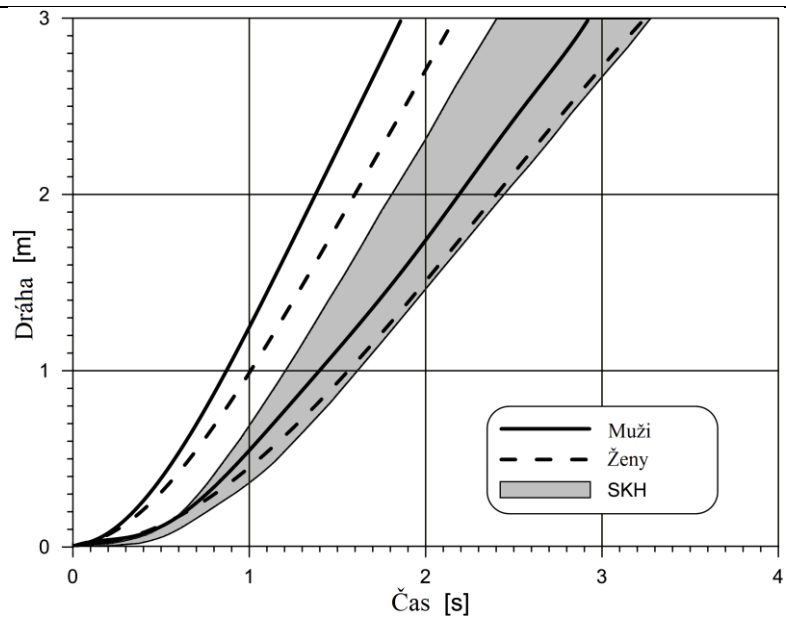
**Graph No.7 – Results of the accelerations to forcing.**

## **5 SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK V INSTITUTU EKSPERTYZ SĄDOWYCH, KRAKOV (ies) S VÝSLEDKY Strouhala, Kühnela A Heina**

Zjištěné hodnoty zrychlení chodců byly porovnány s výsledky, které prezentovali Strouhal, Kühnel a Hein (SKH) v devadesátých letech dvacátého století [2].

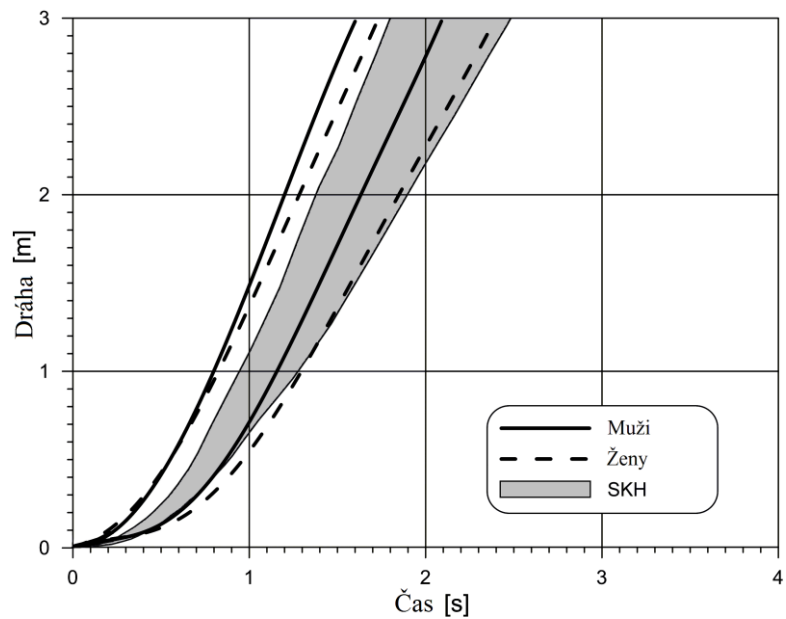
Po porovnání výsledků (8. až 11. obrázek) lze konstatovat, že:

- pro všechny kategorie pohybu chodců byla zkouškami v IES zjištěna větší zrychlení v porovnání s výsledky zkoušek Strouhala, Kühnela a Heina. Velké rozdíly jsou především u běhu;
- minimální hodnoty zrychlení jsou dle měření IES nižší, než minimální hodnoty z měření Strouhala, Kühnela i Heina;
- při nejrychlejší běhu žen byla zkouškami v IES zjištěná minimální zrychlení menší, než uvádí Strouhal, Kühnel a Hein.



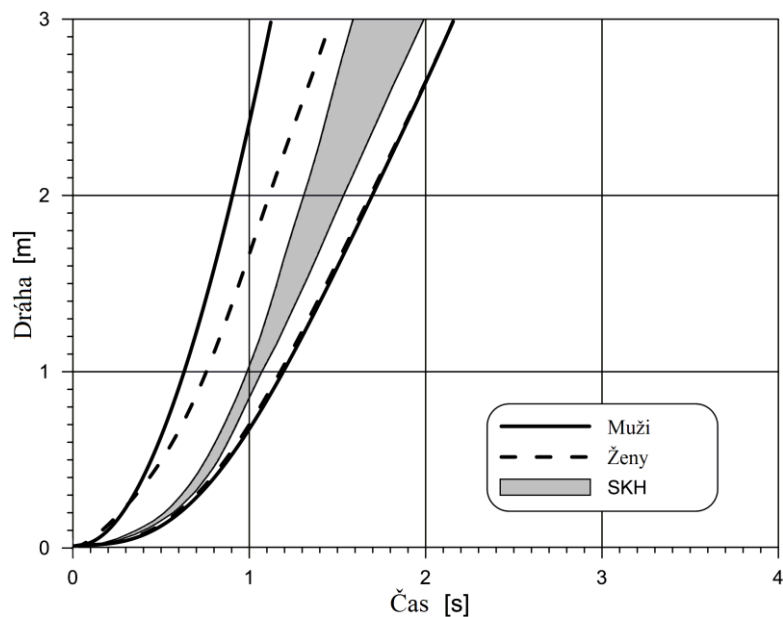
**Obr. 8 - Porovnání výsledků IES (Institut expertyz sądowych, Krakov) s výsledky Strouhala, Kühnla a Heina (SKH) pro normální chůzi.**

**Graph No.8 – Comparison of results of the IES (men and women) to Strouhal, Kühnel and Hein (SKH) research for the normal walking.**



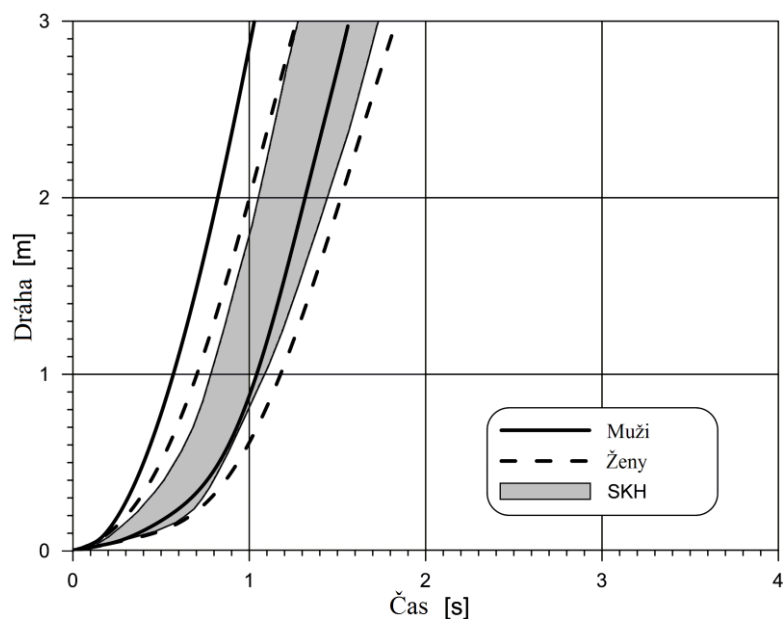
**Obr. 9 - Porovnání výsledků (SKH) pro rychlou chůzi.**

**Graph No.9 – Comparison of results for fast walking.**



**Obr. 10 - Porovnání výsledků (SKH) pro běh.**

**Graph No.10 – Comparison of results for running.**



**Obr. 11 - Porovnání výsledků (SKH) pro nejrychlejší běh.**

**Graph No.11 – Comparison of results for forcing.**



## **6 VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ VE ZNALECKÉ PRAXI**

Využití výsledků měření zrychleného pohybu chodců je doporučováno pro dráhy chodce do 3 m. Není vhodné výsledky extarpolovat na delší dráhy. Při analýze děje, kdy se chodec pohyboval na dráze delší než 3 m, doporučujeme vypočítat dobu pohybu chodce jako součet doby zrychlování na dráze potřebné pro docílení zadané rychlosti s dobou rovnoměrného pohybu na úseku navazujícím.

Základním bodem časově prostorové analýzy dopravní nehody musí být okamžik, kdy se chodec dal do pohybu. Pro posouzení jednání řidiče není rozhodující okamžikem zahájení pohybu chodce, ale okamžik, kdy vznikla nebezpečná situace, tedy kdy mohl řidič pohyb chodce začít vnímat. Je nepochybné, že mezi zahájením pohybu chodce ( $t = 0$  s) a okamžikem, kdy řidič mohl pohyb vnímat je jistý časový úsek, za který se chodec přemístí o nějakou dráhu. Nejmenší zrychlení chodce, které může řidič vnímat, závisí na řadě činitelů.

V praxi je možno předpokládat, že při vyhovující viditelnosti v situaci, kdy řidič musí věnovat zvýšenou pozornost dopravní situaci je nejmenší přemístění chodce potřebné pro vnímání jeho pohybu řidičem rovné 0,4 m. Na základě provedených měření lze konstatovat, že takový úsek urazí chodec za čas 0,3 až 1,2 s. Pokud by za počátek vzniku nebezpečné situace byl vzat okamžik zahájení pohybu chodce, pak by dráha vozidla ujetá za celkovou dobu pohybu chodce byla výrazně delší, než dráha ujetá za dobu od zpozorování pohybu chodce řidičem do střetu. Uvažování delší dráhy v analýze nehody může vést k nesprávným výsledkům při posouzení možnosti zábrany nehodě nebo snížení jejích následků řidičem.

## **7 Literatura**

- [1] CIEPKA, Piotr, REZA, Adam, ZĘBALA, Jakub, *Badania prędkości ruchu pieszych*. Paragraf na drodze, numer specjalny październik 2009 r.
- [2] STROUHAL, Josef, KÜHNEL, Karin, HEIN, Holger: *Messung von Fussgängergeschwindigkeiten und Beschleunigungen*. Münchener Forschungsgesellschaft für Unfallanalyse GbR.
- [3] Praca zbiorowa: *Wypadki drogowe. Vademecum biegłego sądowego*, Wydanie II, Kraków 2011, ISBN 83-87425-32-X.